

Berbagai Faktor yang Berhubungan dengan Kejadian Gangguan Fungsi Paru dalam Ruang Kerja (Studi Kasus Pekerja Industri Rumahan *Electroplating* di Kecamatan Talang Kabupaten Tegal)

Various Factor Associated with Pulmonary Dysfunction in Workplace (Case Study at workers of electroplating home industry in Tegal)

Diah Rahayu Wulandari, Soeharyo Hadisaputro, Suhartono

ABSTRACT

Background: *electroplating home industry use chromium as the base material. Chromium is used in the form of hexavalent chromium, which has toxic effects on health. Electroplating workers exposed chromium through the air into the lungs through inhalation.*

Objective: *Describe the various factors associated to the pulmonary dysfunction in a workplace at workers of electroplating home industry .*

Methods: *This study was an observational study with cross sectional approach on 31 electroplating workers with total sampling of each industry. Vital Lung Capacity Measurements with a spirometer with SpyroAnalyzer type ST-75. Dust levels of Chromium with High Volume Sampler.*

Results: *Results minimal amount of dust in the air of 0.0731 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, the maximum value of dust concentration in the air is 1.8433 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ with a mean of 0.774357. Multivariate analysis showed a variable duration of exposure to chromium is the most influential variable on the incidence of pulmonary dysfunction, ($p = 0.010$) with 95% CI (2.11 to 228.56), odds ratio (Exp B) = 21.97.*

Conclusion: *The factor shown to be associated with pulmonary dysfunction in workers chromium electroplating is a duration of exposure to chromium more than 4 hours a day.*

Keywords: *Electroplating, pulmonary dysfunction, chromium.*

PENDAHULUAN

Sektor industri dan ekonomi berkembang pesat beberapa dekade ini. Perkembangan itu berhubungan dengan munculnya berbagai industri yang menggunakan bahan kimia sebagai bahan baku. Salah satunya adalah industri kromium, yang menggunakan kromium (Cr) sebagai bahan baku. Industri tersebut menghasilkan bahan toksik, jika dilepaskan ke lingkungan dapat memberikan efek buruk terhadap kesehatan.¹

Kromium masuk kedalam tubuh melalui paru, saluran pencernaan, dan kulit. Paparan utama melalui inhalasi.² Inhalasi paparan akut Cr (VI) pada manusia menimbulkan sesak nafas, batuk, bersin, perforasi dan ulserasi septum, bronchitis, penurunan fungsi paru, pneumonia asma, gatal dan nyeri pada hidung,³ sedangkan paparan kronis dapat menyebabkan fibrosis paru dan kanker paru.⁴ Fibrosis paru, adalah timbulnya jaringan parut di paru, kerusakan ini menyebabkan paru menjadi kaku dan bernafas menjadi lebih sulit.⁵

Gangguan fungsi paru dapat dideteksi dengan spirometer, sehingga di dapat data mengenai gangguan

paru obstruktif, restriktif, kombinasi, atau normal. Gangguan obstruktif karena adanya gangguan atau penyempitan atau resistensi pada saluran nafas, misalkan pada penyakit asma, atau bronkhitis. Gangguan restriktif karena adanya gangguan pada parenkim paru, misalnya pada fibrosis, atau gangguan neuromuskular. Gangguan kombinasi adalah adanya gangguan obstruktif dan restriktif bersamaan.

Resistensi jalan nafas dan compliance paru dapat diukur secara tidak langsung dengan mengukur aliran dan volume ekspirasi paksa atau Forced Vital Capacity (FVC), selain itu juga dapat menggunakan Volume ekspirasi paksa dalam 1 detik, atau Forced Expiration Volume (FEV1), normalnya dinyatakan sebagai rasio (FEV1/FVC). Hasil pengukuran ini bisa digunakan untuk membedakan antara penyakit paru obstruktif dan penyakit paru restriktif. Pada penyakit paru obstruktif nilai FEV1/FVC umumnya $<0,7$, sedangkan pada penyakit restriktif, FEV1 dan FVC hasilnya rendah, tetapi rasio FEV1/FVC hasilnya normal atau meningkat karena recoil elastis yang lebih besar

Diah Rahayu Wulandari, SKM, M.Kes. Mahasiswa Program Magister Kesehatan Lingkungan UNDIP
Prof.Dr. dr. Soeharyo Hadisaputro, Sp.PD-KPTI, Program Magister Epidemiologi UNDIP
Dr.dr. Suhartono, M.Kes, Program Magister Kesehatan Lingkungan UNDIP

Recommended exposure limit menurut NIOSH dalam paparan 10 jam per hari atau 40 jam seminggu menetapkan batas sebanyak $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.⁶ *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)* menetapkan batas $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ TWA.⁷

Salah satu daerah industri pelapisan kromium adalah di Kabupaten Tegal. Tidak kurang dari 24 jenis industri logam dapat dihasilkan pengrajin Tegal, termasuk usaha pelapisan. Jumlah pekerja setiap industri antara 2 hingga 6 orang. Menurut observasi yang telah dilakukan, pekerja berhadapan langsung dengan bak *electroplating* berisi cairan kromium dan nikel, serta dialiri listrik untuk proses pelapisan. Di dalam ruang tersebut terdapat beberapa bak *electroplating*, gelembung udara di bak tersebut banyak dan lepas ke udara ketika proses produksi sedang berlangsung, udara di dalam ruangan berbau menyengat dan pekerja tidak taat dalam memakai masker. Pengambilan data pendahuluan untuk kadar debu kromium berupa heksavalen kromium, dilakukan di dua industri rumahan, yaitu di Kelurahan Dukuh Malang, didapatkan hasil sebesar $1,3104 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan di Kelurahan Langgen didapatkan hasil sebesar $1,8433 \mu\text{g}/\text{m}^3$

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian analitik observasional, dengan rancangan atau desain studi *cross sectional*, dimana data konsentrasi kadar debu di udara dan gangguan fungsi paru diukur bersamaan. Pengambilan data pendahuluan pada bulan Oktober 2012

di 2 industri rumahan, sedangkan penelitian dilakukan pada 18 Maret 2013 di 5 industri rumahan. Industri rumahan dipilih dengan metode *purposive sampling*. Sampel pekerja dipilih melalui total sampling dengan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah Laki-laki, berusia 18-50 tahun, masa kerja ≥ 2 tahun, sedangkan untuk kriteria eksklusi adalah tidak berada di tempat, ketika diadakan penelitian, dan tidak bersedia mengikuti penelitian.

Kadar debu kromium diudara diambil menggunakan *High volume sampler*, pengukuran menggunakan AAS. Volume paru bisa diukur menggunakan spirometer. Resistensi jalan nafas dan *compliance* paru bisa diukur secara tidak langsung dengan mengukur aliran dan volume ekspirasi paksa.⁸ Tipe spirometer yang digunakan adalah SpiroAnalyzer ST-75. Kuesioner digunakan untuk mengumpulkan data umur, lama kerja, masa kerja, lama paparan kromium, indeks massa tubuh, kebiasaan merokok, pemakaian APD, dan luas ventilasi.

Analisis data dilakukan dengan analisis univariat, bivariat, dan multivariat. Analisis univariat, variabel dikategorikan dan dideskripsikan dengan membuat distribusi dan frekuensi, hasil disajikan dalam bentuk grafik atau tabel, pada analisis bivariat, uji normalitas data menggunakan *Saphiro Wills*, karena jumlah sampel kurang dari 40. Apabila data terdistribusi normal ($p > 0,05$) uji statistik yang digunakan adalah korelasi Pearson. Bila data tidak terdistribusi normal ($p < 0,05$) menggunakan uji Tau Kendall karena N lebih dari 30.⁹

Tabel 1. Deskripsi Frekuensi Variabel Pekerja *Electroplating*

Variabel	
Umur (tahun) mean \pm SD ; min-maks	33,3 \pm 1,46 ; 17 - 55
Masa kerja (tahun) mean \pm SD ; min-maks	9,1 \pm 1,16 ; 2 - 25
Lama kerja (jam) mean \pm SD ; min-maks	8,1 \pm 0,79 ; 7 - 10
Lama Paparan kromium (jam) mean \pm SD ; min-maks	5,6 \pm 0,4 ; 2 - 8
Indeks massa tubuh mean \pm SD ; min-maks	21,4 \pm 0,7 ; 14,4 – 29,3
Status merokok :	
Merokok N (%)	24 (77,4)
Tidak merokok N (%)	7 (22,6)
Pemakaian masker :	
Tidak Pernah N (%)	9 (29,0)
kadang N (%)	6 (19,4)
Selalu N (%)	16 (51,6)
Luas Ventilasi :	
Sempit N (%)	6 (19,4)
Sedang N (%)	10 (32,3)
Luas N (%)	15 (48,4)
Gangguan Fungsi Paru :	
Restiktif Ringan N (%)	5 (16,1)
Obstruktif Ringan N (%)	3 (9,7)
Restiktif Sedang N (%)	3 (9,7)
Restiktif Berat N (%)	5 (16,1)
Kombinasi N (%)	14 (45,2)
Tidak Terganggu N (%)	1 (3,2)

Data juga diubah menjadi numerik, sehingga juga dilakukan uji *chi square*. Uji Multivariat menggunakan regresi logistik jika nilai $p < 0,25$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Industri rumahan *electroplating* tersebar di beberapa kecamatan di Kabupaten Tegal, yaitu Kecamatan Tarub, Talang, dan Adiwerna. Lapis listrik (*electroplating*) adalah suatu proses pelapisan logam pada permukaan benda kerja dengan menggunakan arus listrik searah (DC) di dalam suatu larutan elektrolit. Tujuan *electroplating* adalah memperbaiki tampak rupa (dekoratif), dan meningkatkan ketahanan produk.

Kategori gangguan fungsi paru dikategorikan menjadi skala data nominal. Kategori terganggu untuk fungsi paru gangguan sedang, berat, dan kombinasi. Kategori tidak terganggu untuk fungsi paru normal dan gangguan ringan. Pengelompokan ini dimaksudkan untuk kepentingan perhitungan statistik.

1. Analisis Bivariat

Hasil rekapitulasi analisis bivariat seperti pada tabel 2 menunjukkan variabel kadar debu kromium di udara tidak ada hubungan dengan gangguan fungsi paru.

Hasil penelitian menunjukkan, semua pekerja melakukan kontak dengan kromium, dari 31 responden, 23 (74,2%) orang dengan fungsi paru terganggu, dan 8 (25,8%) dengan fungsi paru yang tidak terganggu. Pekerja dengan paparan kromium di atas NAB sebanyak 15 (48,4%) orang dan 11 (73%) diantaranya fungsi parunya terganggu. Gangguan paru bervariasi, yaitu:

restitif, obstruksi dan kombinasi.

Tabel 3 menunjukkan bahwa ada hubungan signifikan antara kapasitas vital paru dengan lama paparan kromium, ada hubungan signifikan antara umur dengan FEV1/FVC, ada hubungan signifikan antara gangguan fungsi paru dengan lama paparan kromium.

Pembahasan tentang analisis bivariat adalah sebagai berikut:

a. Lama Paparan dengan Kromium

Lama paparan dengan kromium adalah lama pekerja kontak dengan kromium setiap hari. Hasil uji menunjukkan nilai $p = 0,007$ dengan CI 95% 2,591 (1,013-6,624), yang menunjukkan ada hubungan antara lama paparan dengan kromium dengan gangguan fungsi paru, selain itu, hasil uji kapasitas vital paru dengan gangguan fungsi paru mendapat hasil signifikan dengan nilai $p = 0,021$. Hal ini dapat disebabkan tiap pekerja terpapar kromium dengan waktu yang berbeda-beda karena jenis pekerjaan atau mobilitas pekerja serta luas ventilasi, sehingga jumlah debu kromium yang terhidup dan masuk ke paru juga berbeda.

b. Kadar Debu Kromium di Udara

Hasil pengukuran kadar debu kromium di udara dengan menggunakan alat high volume sampler menunjukkan hasil minimal kadar debu di udara sebesar $0,0731 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nilai kadar debu maksimal di udara adalah $1,8433 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan rata-rata $0,774357 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil analisis bivariat pada variabel indeks massa tubuh menunjukkan nilai p adalah 0,433 sehingga tidak ada hubungan signifikan antara kadar debu di udara dengan gangguan fungsi paru. Hal ini sejalan dengan penelitian

Tabel 2. Kadar Debu Kromium di Udara dan Gangguan Fungsi Paru

Kadar Debu kromium di udara	Gangguan fungsi paru		P value	PR 95% CI
	Terganggu	Tidak Terganggu		
$> \text{NAB} > 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=18)	4 22,2%	14 77,8%	0,433	0,578 (0,19-1,74)
$\leq \text{NAB} \leq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (n=13)	5 38,5%	3 61,5%		

Tabel 3. Rangkuman Hasil Analisis Bivariat Berbagai Variabel Bebas Terhadap Kapasitas Vital Paru, Kapasitas Vital Paksa, FEV1, FEV1/FVC, dan Gangguan Fungsi Paru

Variabel	Kapasitas Vital Paru (VC)	Kapasitas Vital Paksa (FVC)	FEV1	FEV1/FVC	Gangguan Paru dengan Chi Square
Umur	0,608	0,550	0,945	0,001*	0,233
Lama kerja	0,394	0,158	0,378	0,883	0,503
Masa kerja	0,694	0,758	0,945	0,400	0,429
Lama paparan dengan Cr	0,021*	0,110	0,305	0,601	0,007*
Indeks massa tubuh	0,110	0,059	0,106	0,891	0,320
Status merokok	0,879	0,237	0,089	0,394	0,384
Pemakaian masker	0,672	0,272	0,592	0,086	0,689
Luas Ventilasi	0,087	0,758	0,687	0,347	0,642

Markku Huvinen dan Jukka Uitti yang menyatakan paparan debu hexavalent atau trivalen kromium dengan konsentrasi rendah tidak menunjukkan perubahan di saluran nafas yang dideteksi melalui test fungsi paru atau radiografi atau peningkatan gejala penyakit saluran nafas.¹⁰ hal ini dikarenakan kadar kromium kecil, masa kerja relatif tidak lama, sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan.

c. Umur

Uji umur responden dengan gangguan fungsi paru pada penelitian ini memperoleh nilai p sebesar 0,433 yang menunjukkan tidak ada hubungan antara umur dengan gangguan fungsi paru, tetapi pada hubungan FEV1/FVC dengan gangguan fungsi paru mendapat hubungan signifikan dengan nilai p 0,001. Hal ini dikarenakan rata-rata usia responden masih muda, sering berolah raga dan mempunyai indeks massa tubuh yang normal.

d. Lama Kerja

Lama Kerja adalah lama pekerja bekerja di industri rumahan tiap harinya. Hasil uji mendapatkan nilai p 0,503 yang menyatakan tidak ada hubungan antara masa kerja dengan gangguan fungsi paru.

e. Masa Kerja

Masa kerja adalah lama dalam tahun pekerja bekerja di industri dengan bahan dasar kromium. Hasil uji mendapatkan nilai p 0,429 yang menyatakan tidak ada hubungan antara masa kerja dengan gangguan fungsi paru. Penyebab masa kerja dan lama kerja tidak mempunyai hubungan signifikan dengan gangguan fungsi paru disebabkan karena pekerja terpapar kromium dengan konsentrasi rendah, beberapa kadar kromium masih dibawah NAB, dan masa kerja relatif belum lama.

f. Indeks Massa Tubuh

Indeks massa tubuh Hasil analisis bivariat pada variabel indeks massa tubuh menunjukkan nilai p adalah 0,320 sehingga tidak ada hubungan signifikan antara indeks massa tubuh dengan gangguan fungsi paru. Sampel pekerja dalam penelitian ini relatif mempunyai indeks massa tubuh yang normal, serta usia yang relatif muda, sehingga kapasitas paru pekerja masih baik, dan menyebabkan tidak terdeteksinya gangguan fungsi paru oleh alat spirometer.

g. Kebiasaan Merokok

Kebiasaan merokok mempengaruhi kapasitas fungsi paru. Asap rokok melumpuhkan silia pada jalan nafas sehingga mukus dan partikel yang terperangkap tidak dapat dikeluarkan secara efektif. Paparan jangka panjang menyebabkan silia digantikan oleh sel epitel skuamosa yang tidak dapat membersihkan mukus, sehingga menjadi

tempat pertumbuhan mikroorganisme dan mengakibatkan batuk khas perokok.

Hasil penelitian menunjukkan nilai p sebesar 0,384 sehingga dapat disimpulkan tidak ada hubungan signifikan kebiasaan merokok dengan gangguan fungsi paru. hal ini disebabkan karena umur pekerja relatif muda, jumlah rokok yang dihisap tidak banyak, usia mulai merokok sudah dewasa. Mereka mengaku sering bermain futsal atau sepak bola jika ada waktu luang.

h. Pemakaian Masker

Hasil analisis bivariat pada pemakaian masker menunjukkan nilai p value 0,689 sehingga dapat disimpulkan tidak ada hubungan signifikan pemakaian masker dengan gangguan fungsi paru. Pekerja dengan risiko paparan debu memerlukan alat pelindung diri berupa masker untuk mengurangi jumlah partikel yang dapat terinhalasi, namun tidak semua pekerja yang menggunakan masker dalam penelitian ini terhindar dari gangguan fungsi paru. Hasil penelitian menunjukkan 68,8% pekerja yang menggunakan masker juga mengalami gangguan fungsi paru. Hal ini mungkin disebabkan oleh masker yang digunakan kurang memenuhi syarat. Pekerja menggunakan masker dari kain atau dari kaos yang mereka gunakan sehari-hari.

i. Ventilasi

Ventilasi ruang *electroplating* seharusnya didesain secara cukup. Luas minimal 25% luas lantai. Akibat dari ventilasi yang kurang menyebabkan konsentrasi kromium dalam ruangan meningkat, sehingga semakin banyak debu yang terinhalasi. Hasil uji mendapatkan nilai p 0,642, yang menyatakan tidak ada hubungan antara luas ventilasi dengan gangguan fungsi paru.

2. Analisis Multivariat

Berdasarkan hasil uji bivariat, diketahui ada 2 variabel, yaitu umur, dan lama paparan kromium dapat dianalisis dengan analisis multivariat menggunakan regresi logistik.

Hasil uji multivariat diantara 2 variabel dengan nilai $p < 0,250$, yaitu umur, dan lama paparan dengan kromium, menunjukkan variabel lama paparan dengan kromium nilai mempunyai kontribusi dominan dengan gangguan fungsi paru dengan nilai p 0,010, dan 95% CI sebesar 21,977 (2,113-228,265), sehingga dapat diasumsikan pekerja dengan lama paparan kromium yang lebih lama akan mendapat gangguan fungsi paru sebesar 22 kali dibanding pekerja yang tidak terpapar kromium.

Mekanisme masuknya debu dalam paru terjadi ketika respirasi, masuk melalui rongga hidung, faring,

Tabel 4. Hasil Analisis Regresi Logistik Umur, dan Lama Paparan Cr dengan Gangguan Fungsi Paru

No	Variabel	B	Sig	Exp(B)	95% CI	
1.	Umur	-1,996	0,093	0,136	0,013	1,396
2.	Lama Paparan Kromium (>4jam/hari)	3,090	0,010	21,977	2,113	228,565
	Constant	-1,107	0,112	0,331		

laring, trachea, bronkus, bronkiolus, alveolus. Pertahanan oleh saluran pernafasan adalah filtrasi dari rongga hidung, silia, sekresi oleh humoral lokal, dan fagositosis. Debu yang masuk ke pernafasan di saring oleh bulu-bulu hidung, mukus yang dibuat oleh kelenjar submukosa berfungsi menangkap debu, dan silia menggerakkannya ke arah mulut. Fagositosis oleh makrofag berfungsi mengangkut sel mati dan menghilangkan organisme penyerang.

Cr (VI) dalam paru direduksi menjadi Cr (III), proses reduksi secara efektif terjadi di Epithelial Lining Fluid (surfaktan dan sekresi bronkus bronkiolus) di paru, yang mengandung ascorbate, dan glutathione dengan konsentrasi tinggi. Reduksi paling besar di dalam sel terjadi di sitosol dibandingkan retikulum endoplasma, mitokondria dan nukleus. Reduksi tersebut adalah proses gabungan mekanisme jaringan yang meningkatkan kontribusi reduksi molekul seperti askorbat, glutathione, cysteine, hidrogen peroksida, riboflavin, dan juga enzim kalatis seperti *cytochrome* P45 dan aldehyd oksida. Reaksi tersebut menghasilkan ROS (Reactive Oxygen Species), khususnya radikal bebas (gugus -OH). Mekanisme ini terjadi di semua sel ketika radikal bebas kontak sangat dekat dengan DNA. ROS berdampak buruk pada DNA, kerusakan DNA yang mungkin terjadi adalah *single strand breaks, DNA interstrand crosslink, DNA protein crosslink, chromium DNA adducts, oxidative nucleotide changes, chromosomal aberration*.^{11,12}

Kromium yang masuk ke paru juga dapat menyebabkan reaksi inflamasi yang ditandai dengan bengkak (tumor), hangat (kalor), nyeri (dolor), dan memerah (rubor). Proses Penyembuhan luka atau inflamasi mempunyai 4 tahap, yaitu: koagulasi, inflamasi, proliferasi, remodeling. Setelah cedera, sel epitel melepaskan mediator inflamasi yang memicu pembentukan extra cellular matrix sementara dan memicu dilatasi pembuluh darah serta meningkatkan permeabilitas bertujuan perekrutan sel inflamasi (neutrofil, makrofag, limfosit, dan eosinofil) ke jaringan luka. Leukosit mensekresi sitokin profibrotik seperti IL-1, TNF (*Tumor Necrosis Factor*), IL-13, dan TGF (transforming growth factor). Makrofag dan neutrofil bertujuan untuk membuang sel mati dan menghilangkan organisme penyerang. Pada tahap berikutnya fibrosit dan fibroblast berkembang dan berdiferensiasi menjadi miofibroblast, yang melepaskan komponen ECM (*Extracellular Matrix*). Aktivasi Fibroblast dapat menyembuhkan luka, dan pemulihan kontraksi pembuluh darah, namun jika terjadi disregulasi atau paparan inflamasi berulang dapat menyebabkan fibrosis paru.¹²

SIMPULAN

Lama paparan kromium berhubungan dengan gangguan fungsi paru. Kadar kromium di udara, umur, masa kerja, lama kerja, indeks massa tubuh, status

merokok, pemakaian masker, dan luas ventilasi tidak berhubungan dengan gangguan fungsi paru.

Pekerja dengan paparan kromium lebih dari 4 jam perhari, mempunyai peluang sebesar 22 kali untuk mendapat gangguan fungsi paru, dibanding pekerja dengan lama paparan kromium kurang dari 4 jam pada pekerja laki-laki berusia 18-50 tahun, dan mempunyai masa kerja lebih dari 2 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ming-Ho, Y. Chapter 1, Introduction in Environmental Toxicology Biological and Health Effect of Pollutans. CRC Press, United States of America, 2005: 1.
2. Das, A. P. and Singh, S. Occupational Health Assessment Of Chromite Toxicity Among Indian Miners. Indian Journal Of Occupational And Environment Medicine. 2011. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3143520/>
3. OSHA Sheet. Health Effect of Hexavalent Kromium. From OSHA U.S. Department Of Labour. 2006:1-3. Available in: http://www.osha.gov/OshDoc/data_General_Facts/hexavalent_chromium.pdf
4. Soghoian, S, MD. Heavy Metal Toxicity. Medscape reference. 2011:1-2. available in <http://emedicine.medscape.com/article/814960-overview>
5. The Lung Association. Pulmonary Fibrosis. Canadian Lung Association. 2012:1-2. available in http://www.lung.ca/diseases-maladies/a-z/pfibrosis-fibrosep/index_e.php
6. Niosh. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Departement of Health and Human Services. 2007, No 2005-70. available in <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-149/pdfs/2005-149.pdf>
7. OSHA. Hexavalent Chromium In Workplace Atmospheres. Occupational Safety and Health Administration. 2004:1. Available in <https://www.osha.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id215/id215.html>
8. Ward, J. P. Sistem Respirasi dalam At a Glance Fisiologi. Erlangga, Jakarta. 2009: 50-55.
9. Dahlan, S. Prosedur Pemilihan Uji Hipotesis dalam Statistika untuk kedokteran dan Kesehatan. PT.Arkans, Jakarta, 2006:5.
10. Wynn, T. A. Integrating Mechanisms of Pulmonary Fibrosis. The Journal Of Expreimental medicines. 2011, July. Vol. 208 No. 7. Available on: <http://jem.rupress.org/content/208/7/1339.full.pdf>
11. Beaver, L. M. , Stemmy E.J. Lung Inflammation, Injury, and Proliferative Response after Repetitive Particulate Hexavalent Chromium Exposure. US National Library of Medicine National Institutes of Health. 2009. December; 117(12): 1896–1902. Available in: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2799464/>